



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
CONFÉDÉRATION SUISSE  
CONFEDERAZIONE SVIZZERA

J1010 U.S. PTO

10/022669



12/17/01

### Bescheinigung

Die beiliegenden Akten stimmen mit den ursprünglichen technischen Unterlagen des auf der nächsten Seite bezeichneten Patentgesuches für die Schweiz und Liechtenstein überein. Die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein bilden ein einheitliches Schutzgebiet. Der Schutz kann deshalb nur für beide Länder gemeinsam beantragt werden.

### Attestation

Les documents ci-joints sont conformes aux pièces techniques originales de la demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein spécifiée à la page suivante. La Suisse et la Principauté de Liechtenstein constituent un territoire unitaire de protection. La protection ne peut donc être revendiquée que pour l'ensemble des deux Etats.

### Attestazione

I documenti allegati sono conformi agli atti tecnici originali della domanda di brevetto per la Svizzera e il Liechtenstein specificata nella pagina seguente. La Svizzera e il Principato di Liechtenstein formano un unico territorio di protezione. La protezione può dunque essere rivendicata solamente per l'insieme dei due Stati.

Bern, 28. NOV. 2001

Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum  
Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle  
Istituto Federale della Proprietà Intellettuale

Patentverfahren  
Administration des brevets  
Amministrazione dei brevetti

  
Rolf Hofstetter

**This Page Blank (uspto)**

**Patentgesuch Nr. 2001 2151/01**

HINTERLEGUNGSBESCHEINIGUNG (Art. 46 Abs. 5 PatV)

Das Eidgenössische Institut für Geistiges Eigentum bescheinigt den Eingang des unten näher bezeichneten schweizerischen Patentgesuches.

Titel:  
Gespeichtes Fahrrad-Rad.

Patentbewerber:  
Jiri Krampera  
Bertastrasse 34  
8003 Zürich

Vertreter:  
Frei Patentanwaltsbüro  
Postfach 768  
8029 Zürich

Anmeldedatum: 22.11.2001

Prioritäten:  
CH 2476/00 19.12.2000

Voraussichtliche Klassen: B60B

This Page Blank (uspto)

## GESPEICHTES FAHRRAD-RAD

### STAND DER TECHNIK

Die Erfindung betrifft ein gespeichtes Fahrradrad vorzugsweise ein exzentrisch  
5 gespeichtes Fahrradrad, dessen Speichensystem im Axialschnitt des Rades eine  
Schüsseltiefe (amount of dish) aufweist, sodass die Speichenspannungen an beiden  
Radseiten unterschiedlich sind. (Ähnliches Thema behandelte der Erfinder schon  
vorher in seinen Patenten "Felge für ein gespeichtes Fahrrad-Hinterrad".) Dieses Rad  
ist in einem Fahrrad als Vorderrad oder Hinterrad verwendbar.

- 10 Ein solches konventionelles Fahrrad-Vorderrad hat eine Vorderradnabe, die in der  
Gabel des Fahrradrahmens befestigt ist und an deren einen Seite z.B. eine Brems-  
scheibe als Bestandteil einer Scheibenbremse angebracht ist. Ein solches konventio-  
nelles Fahrrad-Hinterrad hat eine Hinterradnabe, die in dem Fahrradrahmen befestigt  
ist und an deren einen Seite ein Zahnkranzsatz für die antreibende Kette befestigt ist.  
15 Die Nabenflansche an den Seiten der Vorder- und der Hinterradnabe sind mit einer  
konventionellen, einen Reifen tragenden Felge durch Speichen unter Spannung  
verbunden.

In einem Hinterrad verursacht der Zahnkranzsatz eine unerwünschte seitliche Verset-  
zung der Mittelebene der Nabenflansche von der Felgenmittelebene in Richtung zur  
20 Zahnkranzgegenseite. Durch diese mehrere Millimeter grosse Versetzung, welche als  
Schüsseltiefe bekannt ist, wird die Spannung der zahnkranzseitigen Speichen grösser  
als die Spannung der zahnkranzgegenseitigen Speichen in einem Masse, dass die  
Dauerhaftigkeit des Hinterrades stark vermindert wird. Es ist darum wünschenswert  
die Speichenspannungen des Hinterrades soweit wie möglich auszugleichen.

- 25 Bei einem Vorderrad ist die seitliche Versetzung der Mittelebene der Nabenflansche  
durch die seitliche Befestigung der Bremsscheibe an der Nabe verursacht und auch  
hier ist der Ausgleich der Speichenspannungen an beiden Radseiten erstrebenswert.

Jedem Fachmann ist heute folgendes Problem bei dem konventionellen Fahrrad-Hinterrad bekannt. Ein Hinterrad mit heute 8 bis 10 Zahnkränzen, bei dem an der Zahnkranzseite des Rades die Speichenspannung um etwa 100 % und mehr (!) grösser ist als an der anderen Radseite, kann keine wünschenswerte durchschnittliche Spannung aller Speichen erhalten. Dies um so mehr, als die Unterschiede in den Spannungen einzelner Speichen an einer Radseite im Vergleich mit dem Durchschnittswert bekanntlich etwa  $\pm 200$  bis  $300$  N betragen. Das Resultat ist ein Hinterrad, das sehr oft nachzentriert werden muss, da sich einzelne Nippel der zu lockeren Speichen an der Zahnkranzgegensseite des Rades im Betrieb selbsttätig lockern. Die hoch gespannten Speichen an der Zahnkranzseite können jedoch nicht genügend nachgespannt werden, um den Speichen an der Zahnkranzgegensseite zu einer höheren Spannung zu verhelfen, da ihre Nippel z.B. beim gewaltigen Nachspannen mit dem Zentrierschlüssel in zwei Teile zerrissen werden oder ihr Vierkant abgerissen wird. Ausserdem brechen im Betrieb durch Ermüdung fast immer nur die Speichen an der Zahnkranzseite. Folglich sind alle konventionellen Hinterräder auch bei sehr teuren Rennrädern minderwertig.

Heute sind bei exzentrisch gespeichten Fahrrad-Rädern unzählige Speichenordnungen, die verschiedenste Vorteile bringen sollen, bekannt. Alle Systeme haben aber eine gemeinsame Eigenschaft: Die Anzahl der Speichen, die von einem Nabensflansch zur Felge führen, ist die gleiche, wie die Anzahl der Speichen, die von dem Flansch an der anderen Seite der Nabe zur Felge führen. Es ist gerade diese Eigenschaft, die dazu führt, dass bei einem exzentrisch gespeichten Rad die durchschnittlichen Spannungen der Speichen an beiden Radseiten zwangsläufig unterschiedlich sein müssen.

In den letzten Jahren hat man gegen unterschiedliche Spannungen der Speichen an beiden Radseiten verschiedenes unternommen. Man hat beispielsweise asymmetrische Felgen mit seitlich versetzten Speichenverankerungen entworfen im europäischen Patent Nr. 0494277 bzw. U.S. Pat. No. 5,228,756, bzw. japan. Pat. Nr. 3111074. Durch diese Lösungen wurden die Speichenspannungen an beiden Radseiten wesentlich ausgeglichener. Wie verschiedene Tests der Lizenznehmer

bezeugen, sind Räder mit solchen Felgen widerstandsfähiger als Räder mit konventionellen Felgen. Zur Zeit werden Laufräder mit solchen Felgen für Fahrrad-Hinterräder mit mehreren Zahnkränzen und auch für Vorderräder mit Brems scheiben verwendet.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein exzentrisch gespeichtes Fahrrad-Rad zu schaffen, welches, verglichen mit einem konventionellen exzentrisch gespeichten Rad mit gleicher Schüsseltiefe, gleicher Nabe, gleicher Felge und gleicher Anzahl der Speichen fast oder sogar genau gleiche Spannungen der Speichen an beiden Radseiten aufweist und deshalb viel dauerhafter ist. Diese - auf den  
10 ersten Blick nicht durchführbare Aufgabe - wird durch ein gespeichtes Rad mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruches 1 auf einfachste Art und Weise gelöst. Dieses Rad hat an jeder Radseite eine andere Anzahl der Speichen nach dem Prinzip: Grössere durchschnittliche Spannung der Speichen an einer Radseite wird  
15 durch grössere Anzahl der Speichen an dieser Seite eliminiert. Die restlichen Fragen, ob man so ein Speichensystem in einem Rad überhaupt einspeichen kann und ob man so ein Rad zentrieren kann, werden mit ja beantwortet.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Nachfolgend wird anhand der Zeichnungen zuerst die Problematik am Fahrrad-Hinterrad bei Verwendung konventioneller Speichensysteme erklärt. Beim Fahrrad-Vorderrad ist die Problematik analog und wird deshalb nicht behandelt. Nachher werden verschiedene Ausführungsformen der Erfindung im einzelnen erläutert. In schematischen Darstellungen zeigen:

20

Fig. 1 einen Teil eines konventionellen exzentrisch gespeichten Fahrrad-Hinterrades in der axialen Schnittansicht nach dem Stand der Technik;  
25

Fig. 2 ein konventionelles exzentrisch gespeichtes Fahrrad-Vorderrad oder Fahrrad-Hinterrad in der Seitenansicht nach dem Stand der Technik;

- Fig. 3 einen Teil eines exzentrisch gespeichten Fahrrad-Hinterrades in der axialen Schnittansicht ähnlich wie in der Fig. 1 jedoch nach einer Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 4 - 9 ein exzentrisch gespeichtetes Fahrrad-Vorderrad oder Fahrrad-Hinterrad in der Seitenansicht ähnlich wie in der Fig. 2 jedoch nach verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung.
- Fig. 10 ein zentrisch gespeichtetes Fahrrad- Vorderrad in der Seitenansicht ähnlich wie in der Fig. 2 nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung.

10

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER VORTEILHAFTEN AUSFÜHRUNGEN DER ERFINDUNG

Fig. 1 zeigt einen Teil eines konventionellen exzentrisch gespeichten Fahrrad-Hinterrades 1 in der axialen Schnittansicht nach dem Stand der Technik.

- Der Reifen 2 ist auf einer konventionellen Felge 3 mit einem bezüglich der Felgenmittelebene M symmetrischen Querschnitt und einem einfachen Felgenboden 4 befestigt. Heutzutage werden vermehrt Felgen mit doppeltem Felgenboden und mit verschiedensten, auch asymmetrischen Querschnitten verwendet.

- Die Felge 3 ist durch zahnkranzseitige Speichen 5 mit dem zahnkranzseitigen Nabenflansch in den Verankerungspunkten 6 und durch zahnkranzgegenseitige Speichen 7 mit dem zahnkranzgegenseitigen Nabenflansch in den Verankerungspunkten 8 verbunden. Die Verankerung der Speichen in den Nabenflanschen erfolgt meistens in den Speichenlöchern, wobei die Speichen am Ende einen rechtwinkligen Bogen mit einem Speichenkopf haben. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist dieses Detail nicht dargestellt. Die Nabenflansche sind durch einen zylindrischen Nabenkörper miteinander verbunden.

Die Verankerung der Speichen in der Felge erfolgt in der Felgenmitte durch Spei-



chennippel 9, 10 in den Punkten 11. Heute befinden sich diese Verankerungsstellen nicht immer in der Felgenmitte und es werden beispielsweise alle Speichen von der Felgenmittelebene M in der zahnkranzgegenseitigen Hälfte der Felge seitlich versetzt verankert. Oder werden die zahnkranzseitigen Speichen in der zahnkranzgegenseitigen Hälfte der Felge verankert und umgekehrt, sodass sich die zahnkranzseitigen und die zahnkranzgegenseitigen Speichen in der axialen Schnittansicht des Rades kreuzen. Das Ziel solcher Systeme ist eine Verbesserung der Seitensteifigkeit des Rades und des Verhältnisses der Speichenspannungen an den Radseiten.

Die Speichennippel 9, 10 sind heute manchmal statt in der Felge in den Nabenflanschen angebracht. Auch sind die Nabenflansche nicht immer ringförmig gestaltet, sondern es werden beispielsweise die in ihrer ganzen Länge geraden Speichen auf dem Umfang der Nabe in verschiedenen zahnförmigen Gebilden verankert, sodass eine Bruchgefahr im Speichenbogen entfällt.

Beim Zentrieren des Rades durch das Drehen der Speichennippel 9, 10 entstehen in den Speichen 5, 7 Spannungen  $T_1$ ,  $T_2$ , welche das Material der Felge und der Nabe in den Speichenverankerungspunkten 11, 6, 8 auf Druck beanspruchen. Das sehr wichtige Verhältnis der durchschnittlichen Speichenspannungen an beiden Radseiten ist von dem Verhältnis der Winkel zwischen den Speichen 5, 7 einerseits und der Mittelebene der Verankerungsstellen der Speichen in der Felge andererseits abhängig. In diesem Beispiel (und auch in der Fig. 3) ist die Mittelebene der Verankerungsstellen der Speichen in der Felge identisch mit der Mittelebene der Felge M. (Es ist aber nicht identisch bei Rädern mit seitlich versetzten Verankerungsstellen der Speichen in der Felge.) Die Spannungen der Speichen sind in der Fig. 1 graphisch als Linienabschnitte  $T_1$  und  $T_2$  dargestellt, welche zueinander im Verhältnis etwa 2 : 1 stehen. Dies führt heute bei sieben- und mehrfachen Zahnkränzen zu einer sehr mangelhaften Seitensteifigkeit des Hinterrades in Richtung von der Zahnkranzseite zur Zahnkranz- Gegenseite des Rades und zur ständiger Lockerung der Speichennippel an der Zahnkranz - Gegenseite. Es ist mathematisch nachweisbar und durch praktische Messungen untermauert, dass das Verhältnis der Speichenspannungen  $T_1 : T_2$  dem Verhältnis der Masse  $c : d$  auf der Nabe

ziemlich genau entspricht.

Diese Regel ist immer dann gültig, wenn sich die Verankerungsstellen der Speichen in der Felge in deren Mitte befinden und wenn die Speichen an beiden Radseiten gekreuzt gespeicht sind. Dabei werden die am Ende rechtwinklig gebogenen  
5 Speichen in jeden Flansch von beiden Seiten abwechselnd in die Speichenlöcher eingesteckt, sodass sie auch abwechselnd von beiden Seiten aus dem Flansch in Richtung zur Felge herauskommen. Die mechanische Auswirkung dieses Systems des Einspeichens ist solche, als wenn alle Speichen aus jedem Flansch von der Mitte des Speichenloches aus den Punkten 6 und 8 zur Felge geführt werden, wie es  
10 vereinfacht in der Fig. 1 dargestellt ist. Die Räder in den Figuren 2, 4 und 6 haben an beiden Radseiten gekreuzte Speichen. Dies kann man gut ersehen in den Vergrößerungen der Nabenflansche in diesen Figuren. Bei den Figuren 5, 7, 8 und 9 ist es aber anders als in den Fig. 2, 4 und 6 beschrieben wird.

Die Masse c und d kann man einfach messen und das konventionelle Verhältnis  
15 der Speichenspannungen errechnen. Dann kann man ein geeignetes Speichensystem mit Hilfe der hier diskutierten Lehre wählen. Das Verhältnis der Speichenspannungen an den Radseiten sollte sich nachher so weit als möglich und/oder so weit als erwünscht dem Verhältnis von 1 : 1 nähern. Die beim Zentrieren des Rades entstehenden horizontalen Kraftkomponenten P1 und P2 der Speichenspannungen  
20 T1 und T2 können kleiner oder grösser werden je nach Grösse von T1 und T2, sind aber zwangsläufig bei einem Rad immer gleich gross.

In der Felgenmittelebene M liegen in diesem Beispiel die Verankerungspunkte 11 der Speichennippel 9, 10. (Dies ist aber nicht immer der Fall wie es z.B. das auf Seite 2 unten erwähnte Patent "Felge für ein gespeichtes Fahrrad-Hinterrad" zeigt.) Die  
25 Mittelebene der Nabenflansche F ist von der Felgenmittelebene M in Richtung zur Zahnkranzgegenseite der Nabe um das Mass e seitlich verschoben, wodurch das Speichensystem eine exzentrische Form bekommt. Das Mass  $e = (h - f) : 2$  ist die eigentliche unerwünschte Schüsseltiefe (amount of dish) des Speichensystems und die Ursache der Unvollkommenheit des Rades.

Ergänzend soll gesagt werden, dass bei einem konventionellen Fahrrad-Vorderrad ohne eine Bremsscheibe das Speichensystem zentrisch ist, sodass die Ebenen M und F identisch sind und keine Schüsseltiefe  $e$  entsteht. Solche Räder haben die gleiche Speichenspannung an beiden Seiten, sodass  $c = d$  und  $T1 : T2 = 1 : 1$ . Dies ist der Idealfall und diese Räder sind im Betrieb um das Mehrfache dauerhafter als die gespeichten Räder mit einem exzentrischen Speichensystem.

Fig. 2 zeigt ein konventionelles exzentrisch gespeichtes Fahrrad-Vorderrad oder Fahrrad-Hinterrad in der Seitenansicht nach dem Stand der Technik. Das Hinterrad 1 dieser Art wurde gezeigt in der axialen Schnittansicht in der Fig. 1. Auf die Darstellung des Reifens, des Zahnkranzes oder der Bremsscheibe wurde verzichtet, um nur das Wesentliche zu zeigen.

Das Rad hat insgesamt 24 Speichen und sie sind an beiden Radseiten zweimal gekreuzt. Die Speichen der dem Betrachter zugewendeten Radseite sind durch volle Striche dargestellt, die Speichen an der anderen Radseite sind gestrichelt. Die beidseitige Kreuzung der Speichen dient der besseren Übertragung des durch den Kettenantrieb oder den Bremsvorgang entstehenden Drehmomentes von beiden Flanschen der Nabe durch die Speichen auf die Felge. Diese zusätzliche Zugbelastung ist somit auf mehr Speichen verteilt als wenn ein Flansch nur radiale Speichen hat, welche kein Drehmoment übertragen können (bei sogenannten Hybrid – Laufrädern). Ein Detail des Flansches macht die Speichenführung besser sichtbar. Ein ähnliches Detail ist auch in den Fig. 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 zu sehen.

Das Wichtigste zu überlegen, ist die Tatsache, dass die Anzahl der Speichen gemäss dieser Figur an jeder Radseite gleich ist und in diesem Beispiel 12 beträgt und somit das Speichenanzahlverhältnis der Speichen 5 zu den Speichen 7  $1 : 1$  ist. Obwohl heute bei Fahrrädern unzählige Speichenbespannungssysteme existieren, bleibt dieser Grundsatz bei jedem konventionellen gespeichten Rad erhalten. Die Anzahl der Speichen an beiden Radseiten ist gleich. Wenn dabei das durchschnittliche Speichenspannungsverhältnis  $T1 : T2$  etwa  $2 : 1$  beträgt, wie in der Fig.1 graphisch dargestellt ist, dann muss durchschnittlich jede Speiche an der Zahnkranz- oder

Scheibenbremsenseite des Rades einer zweimal grösseren Spannung widerstehen als jede Speiche an der anderen Radseite. Die Struktur des Rades ist deswegen nicht ausgeglichen. Das Rad bekommt oft einen Seitenschlag und muss nachzentriert werden. Im Dauerbetrieb entstehen durch die Wechselbelastungen der einzelnen Bauteile des Rades schwere Schäden wie z. B.: Jedes zweite Nippelloch in der Felge wird ausgerissen, die Speichen an der Zahnkranzseite des Rades brechen, die Flansche an der Zahnkranzseite der Nabe werden abgerissen usw.

Fig. 3 zeigt einen Teil eines exzentrisch gespeichten Fahrrad-Hinterrades 1' in der axialen Schnittansicht nach einer Ausführungsform der Erfindung. Die graphische Darstellung des Rades entspricht der Fig. 1 und darum wird aus Übersichtlichkeitsgründen auf Zahlen und Hinweisstriche zu mehreren Komponenten verzichtet und nur die Änderungen gegenüber der Fig. 1 betont.

Es ist ersichtlich, dass die Speichenspannungen  $T1'$  und  $T2'$  und zwangsläufig auch ihre horizontalen Kraftkomponenten  $P1'$  und  $P2'$  im Vergleich zur Fig. 1 grösser geworden sind. Bei dem Rad 1 in Fig. 1 mit dem Verhältnis der Masse  $c : d = 2 : 1$  und dem Verhältnis der Speichenanzahl an den Radseiten von  $1 : 1$  ist die durchschnittliche Spannung aller Speichen im Rad ungenügend und beträgt erfahrungsgemäss höchstens 700 N. Das Rad ist darum aus vorher beschriebenen Gründen minderwertig. Bei dem Rad 1' kann man jedoch auch bei  $c : d = 2 : 1$  und sogar bei gleicher Gesamtanzahl der Speichen wie im Rad 1 eine höhere durchschnittliche Spannung aller Speichen von etwa 1'000 N und mehr erzielen. Diese Spannung kann man jedoch nicht beliebig steigern wie später erklärt wird.

Das Vorgehen ist wie folgt: Man erhöht die Anzahl der Speichen an der Zahnkranzseite des Rades und gleichzeitig vermindert deren Anzahl an der Zahnkranzgegensseite, sodass das Verhältnis der Speichenanzahl an den Radseiten in diesem Beispiel jetzt  $1:2$  beträgt. So entsteht ein Speichenspannungsverhältnis an den Radseiten von  $1:1$  wie bei einem zentrisch gespeichten Vorderrad. Kurz gesagt: Zweimal grössere Spannung der Speichen an der Zahnkranzseite des Rades wird dort durch zweimal soviel Speichen ausgeglichen. Graphisch haben wir diesen Zustand in

der Fig.3 so dargestellt, dass der Linienabschnitt  $T1'$  in zwei gleiche Abschnitte  $T1'/2$  und  $T1'/2$  zerfällt. Jeder von ihnen repräsentiert eine ganze Speiche und entspricht dem Linienabschnitt  $T2'$ . Die Verhältnisse in diesem Hinterrad sind aber nicht die gleichen wie in einem zentrisch gespeichten Vorderrad.

- 5 Die Belastungen des Materials auf Druck in den Verankerungsstellen der Speichen in der Felge und in der Nabe sind jetzt an beiden Radseiten gleich und auch die Setzererscheinungen bei den Speichenköpfen oder den Nippeln, welche sich in wenigen Zehnteln von Millimetern abspielen, sind dadurch gleich geworden. Die minimalen und maximalen Spannungen der einzelnen Speichen im ganzen Rad bewegen sich  
10 jetzt im zulässigen Bereich - auch bei einer Streuung von  $\pm 200$  bis 300 N. Die Köpfe der Speichennippel haben jetzt genügend Reibung auf ihrer Unterlage und die Nippel können sich selbsttätig nicht lockern. Die Speichen werden aber nicht übermäßig gespannt, sodass die Zentrierung ohne Schwierigkeiten vor sich geht und sie brechen auch nach langer Belastung nicht. Die ganze Struktur des Rades ist somit  
15 ausgeglichen, das Rad wird dadurch sehr stabil und bekommt selten einen Seitenschlag. Die Schäden im Dauerbetrieb, wie sie beim konventionellen Rad in der Fig. 2 beschrieben wurden, können hier gar nicht vorkommen.

- Die wichtige Seitensteifigkeit des Rades von der Seite des Zahnkranzes - oder von der Seite der Bremsscheibe - hat sich erhöht, weil die gesamte Speichenspannung im  
20 Rad erhöht wurde und somit auch die horizontalen Kraftkomponenten  $P1'$  und  $P2'$  der Speichenspannungen  $T1'$  und  $T2'$ . Die horizontalen Kräfte, die z.B. beim Fahren im Wiegetritt auf das Rad  $1'$  gegen die Kraftkomponente  $P1'$  wirken, sind relativ zu  $P1'$  kleiner als die gleichen Kräfte relativ zu  $P1$  in der Fig. 1. Nur der Winkel zwischen den Speichen  $5'$  und der Felgenmittelebene  $M$  ist klein geblieben.  
25 Man kann jedoch diese Seitensteifigkeit nochmals erhöhen mit anderen Mitteln, wie später beschrieben wird.

Fig. 4 zeigt ein exzentrisch gespeichtetes Fahrrad-Vorderrad oder Fahrrad-Hinterrad in der Seitenansicht nach einer Ausführungsform der Erfindung. Ein Hinterrad  $1'$  dieser Art wurde gezeigt in der axialen Schnittansicht in der Fig. 3. Die Darstellung

entspricht im wesentlichen der Fig. 2, wobei das Rad ebenfalls 24 Speichen hat und diese sind ebenfalls an beiden Radseiten gekreuzt.

Der wichtigste Unterschied zum konventionellen Rad in der Fig. 2 liegt darin, dass die Anzahl der Speichen an einer Radseite 16 beträgt, an der anderen Radseite jedoch  
5 8 und somit ist das Anzahlverhältnis der Speichen 5' zu den Speichen 7' 2 : 1. Dies spricht gegen den bis heute immer eingehaltenen Grundsatz bei gespeichten Fahrrad-Rädern, nach welchem die Anzahl der Speichen an beiden Radseiten gleich ist.

Die Speichenspannungsverhältnisse  $T1 : T2$  bei konventionell gespeichten Rädern  
10 mit einigen bekannten Naben, welche sich aus den Massen  $c$  und  $d$  auf den Naben ergeben, und welche für dieses Speichenanzahlverhältnis besonders geeignet sind, sind z.B. folgende:

Nabe Campagnolo Record, 1990, 8 – fach, Länge 130 mm:  $c : d = T1 : T2 = 2.13 : 1$ .

15 Nabe Shimano Ultegra, 2000, 9 – fach, Länge 130 mm:  $c : d = T1 : T2 = 1.84 : 1$ .

Wenn jetzt ein Rad mit einer ähnlichen Nabe und dem Verhältnis von  $c : d = 2 : 1$  aber mit dem hier vorgeschlagenen Anzahlverhältnis der Speichen 5' zu den Speichen 7' von 2 : 1 gebaut wird, ergeben sich dann die Speichenspannungsverhältnisse an den Radseiten von 1 : 1, weil die Speichen an beiden Radseiten die  
20 gleiche Spannung haben werden. Vergleiche das Detail des Nabenflansches mit dem Detail in der Fig. 2. Somit ist das Ziel erreicht, das stabile Rad ist entstanden – und das mit fast keinem Aufwand!

In dieser Figur sind tabellarisch verschiedene brauchbare an beiden Radseiten gekreuzte und analog gestaltete Varianten der Speichenführung mit anderen Anzah-  
25 len der Speichen angegeben. Die Speichen der dem Betrachter zugewendeten Radseite, wo sich mehrere Speichen befinden, sind durch volle Striche dargestellt, die Speichen der anderen Radseite, wo sich weniger Speichen befinden, sind gestrichelt. Ähnliche Darstellungen findet man auch in den Fig. 5, 6, 7, 8 und 9.

Fig. 5 zeigt ein exzentrisch gespeichtes Fahrrad-Vorderrad oder Fahrrad-Hinterrad in der Seitenansicht nach einer anderen Ausführungsform der Erfindung. Das Rad hat insgesamt 27 Speichen und das Speichenanzahlverhältnis ist wieder 2 : 1 wie in der Fig.4. Es gibt 18 gekreuzte Speichen dargestellt in durchgezogenen Linien an der einen Radseite und 9 radial angeordnete gestrichelte Speichen an der Radgegenseite (Hybrid – Rad). Die tabellarisch angegebenen Gesamtzahlen der Speichen sind ungerade Zahlen und alle durch 3 dividierbar. So etwas gibt es bei konventionell gespeichten Rädern nicht, dort ist jede Gesamtzahl der Speichen immer nur durch 2 dividierbar.

- 10 Da an der Radseite mit weniger Speichen alle Speichen radial angeordnet sind, muss man die Berechnung des Verhältnisses der Speichenspannungen  $T1 : T2 = c : d$ , wie in der Fig. 1 angedeutet ist, korrigieren. Das Mass  $c$  ist die Distanz zwischen der Mittelebene der Verankerungsstellen der Speichen in der Felge und der Achse der Speiche (wo die Zugkraft wirksam ist) an der Stelle des Speichenloches in dem
- 15 Flansch. Wenn alle Speichen an dieser Radseite von dem Raum zwischen den Flanschen in den zahnkranzgegenseitigen Flansch eingesteckt werden und dann entlang der äusseren Seite des Flansches zur Felge geführt werden - wie es meistens der Fall ist - , dann vergrössert sich das Mass  $c$  um etwa 3 Millimeter (der Punkt 8 wird um die Hälfte der Dicke des Flansches plus die Hälfte des Durchmessers der
- 20 Speichen nach aussen (hier nach links) verschoben). Das Mass  $d$  bleibt dabei aber bestehen, weil sich an der anderen Radseite gekreuzte Speichen befinden.

- Umgekehrt, wenn alle Speichen von der Aussenseite des Rades in den zahnkranzgegenseitigen Flansch gesteckt werden - was nicht üblich ist - dann verkleinert sich das Mass  $c$  um diese 3 Millimeter. Das Mass  $d$  bleibt dabei wieder bestehen. Man
- 25 kann sich diese Veränderungen mit Hilfe der schematischen Zeichnung der Fig.3 vorstellen. Auch bei den Fig. 4 und 6, 7, 8 könnte man an den Radseiten mit weniger Speichen die gestrichelten Speichen statt gekreuzt radial einspeichen und dann müsste man auch dort diese Korrektur der Berechnung durchführen. Gekreuzte Speichen an beiden Radseiten sind jedoch bis auf Ausnahmen immer vorteilhafter
- 30 wie schon erwähnt wurde bei der Fig. 2. Ausserdem müssen die Nabensflansche für

die radiale Bespeichung zugelassen sein (Siehe die Erklärung zu Fig. 10).

Bei Hybrid – Laufrädern ist eine beinahe gleiche Spannung der Speichen an beiden Radseiten nicht erwünscht. Sie ist erwünscht bei Laufrädern, die an beiden Seiten in der Seitenansicht des Rades gekreuzte Speichen haben, wie es auch bei heutigen konventionellen Laufrädern der Fall ist. Bei solchen Laufrädern im Betriebszustand wird das Drehmoment von beiden Flanschen auf die Felge übertragen (aber nur durch die Hälfte der sich kreuzenden Speichen – der sogenannten ziehenden Speichen).

Bei einem konventionellen Hybrid – Laufrad wird das Drehmoment durch die Hälfte der sich kreuzenden Speichen nur von einem Flansch auf die Felge übertragen und diese sind dadurch mehr belastet, weil die radialen Speichen an der anderen Radseite sich hier nicht beteiligen. Das ganze Drehmoment überträgt hier also nur ein Viertel aller Speichen im Rad (!). Um bei einem Hybrid – Laufrad gemäss der Erfindung ein gutes Kompromiss im Betrieb zu erzielen und die Spitzenwerte der Speichenspannungen zu beseitigen, sollen die radialen Speichen im Ruhezustand des Rades eine etwas grössere Spannung erhalten als die gekreuzten. Weniger z. B. bei Trekking – Fahrrädern, mehr z. B. bei Mountainbikes, je nach Grösse der erwarteten Drehmomente.

Fig. 6 zeigt ein exzentrisch gespeichtes Fahrrad-Vorderrad oder Fahrrad-Hinterrad in der Seitenansicht nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Das Rad hat insgesamt 24 Speichen wieder mit dem Speichenanzahlverhältnis 2 : 1 wie in den Fig. 4 und 5. Es gibt also 16 und 8 an beiden Radseiten gekreuzte Speichen. Die Speichen sind in Dreiergruppen angeordnet. Heutzutage sind sehr modern teure Laufräder, wo die Speichen ähnlich wie hier angeordnet sind, aber in Paaren. Auf einem solchen Hinterrad z.B. sieht man ein Paar der Speichen, die nahe aneinander in der Felge verankert sind, aber man kann nicht sehen, dass immer eine der Speichen im Paar eine nahezu zweifache Spannung als die andere hat und dementsprechend das Rad nicht stabil genug sein kann. Die gestrichelten Speichen könnte man auch radial einspeichen, aber mit entsprechender Änderung der Berechnung von  $c : d$ , wie



in der Fig. 5 beschrieben wurde und mit der schlechteren Übertragung des Drehmomentes mit weniger Speichen.

Fig. 7 zeigt ein exzentrisch gespeichtes Fahrrad-Vorderrad oder Fahrrad-Hinterrad in der Seitenansicht nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Dieses Rad  
5 hat insgesamt 25 Speichen und das Speichenanzahlverhältnis ist hier  $3 : 2 (= 1.5 : 1)$ .

Die Speichenspannungsverhältnisse  $T1 : T2$  bei konventionell gespeichten Rädern mit einigen bekannten Naben, welche sich aus den Massen  $c$  und  $d$  auf den Naben ergeben, und welche für dieses Speichenanzahlverhältnis besonders geeignet sind, sind z.B. folgende:

- 10 Nabe Shimano Deore XT, 1996, 7 – fach, Länge 130 mm:  $c : d = T1 : T2 = 1.58 : 1$ .  
Nabe Shimano Deore LX, 1996, 7 – fach, Länge 135 mm:  $c : d = T1 : T2 = 1.39 : 1$ .

Es gibt 15 und 10 Speichen an den Radseiten. Die Distanzen zwischen den Verankerungspunkten der Speichen in der Felge sind hier wie bei allen Figuren mit Ausnahme von der Fig.6 gleich gross. Solche Systeme sind für ein dauerhaftes Rad  
15 besser geeignet als das System nach der Fig.6, da man solche Räder nach einem Seitenschlag besser zentrieren kann. Alle tabellarisch angegebenen Speichengesamtzahlen sind durch 5 dividierbar. Auch hier muss ähnlich wie in der Fig.5 die Berechnung des Verhältnisses der Speichenspannungen  $T1 : T2$  mit Hilfe von  $c : d$  korrigiert werden. An beiden Radseiten sind die Speichen zwar gekreuzt, aber an der  
20 Seite mit mehr Speichen gibt es immer neben den zwei gekreuzten Speichen auch noch eine radiale Speiche, die entlang der äusseren Seite des Flansches geführt wird. In diesem Fall muss man das Mass  $d$  etwa um 1.5 Millimeter vergrössern. Wenn man die radialen Speichen umgekehrt in den Flansch einsteckt - was wir nicht bevorzugen - muss man das Mass  $d$  um diese 1.5 Millimeter verkleinern. In beiden  
25 Fällen bleibt das Mass  $c$  bestehen, weil sich an dieser Radseite nur gekreuzte Speichen befinden.

Fig. 8 zeigt ein Rad analog zur Fig. 7. Es hat gesamt 35 Speichen mit einem Speichenanzahlverhältnis  $3 : 2 (= 1.5 : 1)$ . Es gibt 21 und 14 Speichen an den

Radseiten. Wegen grosser Anzahl der Speichen ist das Rad vorteilhaft dort, wo höhere Belastungen vorkommen und/oder wo eine überdurchschnittliche Dauerhaftigkeit bei vielen gefahrenen Kilometern erwartet wird (ideal für Trainingsräder). Es wird eine sehr stabile Felge empfohlen. Auch hier muss man wie in der Fig. 7 das  
5 Mass  $d$  vergrössern oder verkleinern je nach Art der Speichenführung.

Fig. 9 zeigt ein exzentrisch gespeichtes Fahrrad – Vorderrad oder Fahrrad – Hinterrad in der Seitenansicht nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Das Rad hat insgesamt 28 Speichen und das Speichenanzahlverhältnis ist hier 4 : 3 (= 1.33 : 1). Es gibt 16 radiale und 12 gekreuzte Speichen an den Radseiten (Hybrid  
10 – Rad). Die tabellarisch angegebenen Speichengesamtzahlen sind durch 7 dividierbar. Die erzielte Veränderung des Speichenspannungsverhältnisses an den Radseiten ist relativ klein und könnte allein auch mit einer asymmetrischen Felge erzielt werden. Korrekturen von  $T_1 : T_2$  mit Hilfe von  $c : d$  sind hier wie in der Fig. 5 möglich. Auch hier sind die vorteilhaften gleichen Distanzen zwischen den Verankerungsstellen der Speichen in der Felge angewendet. Die Lage der Speichenlöcher in  
15 den Flanschen ist so gewählt, dass die Länge aller Speichen an jeder Radseite gleich ist. Die Nabenflansche müssen für die radiale Bespeichung zugelassen sein, ähnlich wie in der Fig. 5.

Es gibt noch andere Speichenanzahlverhältnisse der Speichen an den Radseiten als  
20 die bisher beschriebenen und mit Figuren dokumentierten. Wir haben Räder mit den Verhältnissen 3 : 1, 5 : 2, 7 : 4 und 5 : 3 konstruiert. Die Resultate sind brauchbar. Da solche Räder aber in der heutigen Zeit wenig Interesse bei der Industrie finden würden, weil die Naben mit den geeigneten Massen  $c$  und  $d$  sehr sporadisch zu finden sind, haben wir auf die Figuren zu diesen Verhältnissen verzichtet. Auf  
25 Anfrage können wir aber einen Interessenten mit solchen Skizzen beliefern.

Zu den Speichensystemen soll ergänzend gesagt werden, dass man beliebige Anzahlen der Speichen links und rechts in einem Rad nicht verwenden kann. Man muss jede Einspeichungsart konstruieren so wie wir es in unseren Figuren gemacht haben. Wenn man ein beliebiges Speichenverhältnis rechts und links verwenden

würde, so könnte man so ein Rad nicht richtig höhen – und seitenmässig zentrieren, da die Abstände der Speichenverankerungen in der Felge sehr unterschiedlich wären und dazu hätte das Rad eine Unwucht. Diese würde bei schnellen Abfahrten zu gefährlichen Vibrationen des Laufrades und des ganzen Fahrrades führen. Die  
5 zusammengehörigen Speichengruppen (mit 3, 5, 7 oder mehr Speichen) müssen auf dem Umfang der Felge regelmässig verteilt werden und sich mehrmals wiederholen. Kurz gesagt, das Laufrad mit seiner Bespeichung muss drehsymmetrisch sein.

Fig. 10 zeigt ein zentrisch gespeichtes Fahrrad – Vorderrad in der Seitenansicht nach einem unabhängigen Patentanspruch 11. Auch dieses System erhöht die Dauerhaftig-  
10 keit eines Rades wie die vorher beschriebenen exzentrisch gespeichten Systeme. Das Rad hat gesamt 20 Speichen, 10 an jeder Seite, sodass das Speichenanzahl- und das Speichenspannungsverhältnis 1 : 1 ist. Eine gerade Anzahl der Speichen kann man frei wählen und sie können in jede konventionelle Felge eingespeicht werden.

Dieses Rad kann man vergleichen mit einem konventionellen an beiden Radseiten  
15 radial gespeichten Rad, wo die Speichen senkrecht zum Speichenlochkreis aus dem Flansch austreten und auf dem kürzesten Weg zur Felge gelangen. (Radiale Speichen sind z. B. die gestrichelten Speichen in der Fig. 5 und 9.) Beidseitig radial gespeichte Räder sollen kleine aerodynamische Vorteile bringen (keine Luftverwirbelungen an den Kreuzungen der Speichen) und die Speichenspannungen sind hier bekanntlich  
20 regelmässiger als bei gekreuzten Speichensystemen. Diese Räder werden noch heute oft verlangt, weil sie optisch interessant sind.

Nachteile: Die Räder sind bekanntlich und systembedingt hart beim Fahren und bei längerer Benützung besteht durch Wechselbelastungen der Flansche eine Gefahr, dass ein Flansch im Bereich der Speichenlöcher abgerissen wird. Dies vor allem bei  
25 grösserer Anzahl der Speichen. Darum gibt der zurzeit weltgrösste Hersteller der Naben bei jeder verkauften Nabe folgende schriftliche Erklärung ab, Zitat: „Naben von Shimano eignen sich nicht für eine radiale Speichenmontage. Shimano ist deshalb nicht verpflichtet Reparaturen auszuführen oder Naben zu ersetzen, deren Speichenlöcher durch eine radiale Montage deformiert wurden.“

- Gemäss Fig. 10 verlassen alle durchgezogenen Speichen an einer Radseite nahezu tangential den Lochkreis des Flansches und alle gestrichelten Speichen an der anderen Radseite auch – jedoch in der entgegengesetzten Richtung. Der durchgezogene und der gestrichelte Pfeil zeigen die Richtungen, in welchen die Speichen beim Zentrieren des Rades die Flansche geringfügig verdrehen. So entsteht eine Verdrehung des zylindrischen Nabenkörpers, der die Flansche verbindet, im elastischen Bereich der Materialverformung und der Nabenkörper verhält sich jetzt ähnlich wie ein Torsionsstab. Wenn sich beim Fahren durch Betriebsbelastungen die durchschnittliche Spannung aller Speichen im Rad augenblicklich verändert, verändert sich augenblicklich auch die Verdrehung des Nabenkörpers und diese Veränderung unterstützt das Verhalten der Speichen. Um diese federnde Funktion zu erfüllen muss der Nabenkörper richtige Dimensionen haben. Er darf nicht zu schwach sein (Durchmesser nicht unter etwa 20 Millimeter) aber auch nicht zu starr. Eine überschlägige Berechnung der Dimensionen soll durchgeführt werden.
- 15 Dieses Speichensystem hat die Vorteile des radialen Systems (Aerodynamik, regelmässige Speichenspannungen, interessante Optik) aber nicht dessen Nachteile. Das Rad ist noch elastischer als jedes vergleichbare konventionell gespeichte Rad und darum auch dauerhaft und angenehm zum Fahren, da der Fahrer nicht so schnell ermüdet. Die Gründe dafür sind längere Speichen und die zusätzliche federnde Wirkung des Nabenkörpers. Das Wichtigste aber ist, dass die Gefahr der ausgerissenen Speichenlöcher hier gar nicht existiert, da jede Speiche den Flansch tangential verlässt und deswegen müsste sie bei Überlastung viel mehr Flanschmaterial ausreissen als eine Speiche bei radialer Bespeichung. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Speichen in die Flansche von dem Raum zwischen den Flanschen eingesteckt werden wie es in der Fig. 10 dargestellt ist (das bringt mehr Seitensteifigkeit) oder von der äusseren Seite der Flansche (das ist besser aerodynamisch).

Dieses System kann nicht verwendet werden bei Rädern, deren Speichen ein Drehmoment übertragen müssen. Wäre ein Drehmoment, das von der Nabe durch die Speichen auf die Felge zu übertragen ist vorhanden, dann steigt die Spannung der Speichen an einer Radseite während sie sich an der anderen Seite vermindert. Dies

verursacht eine momentane seitliche Bewegung der Felge, die nach der Grösse des Drehmomentes mehrere Millimeter ausmachen kann. Das System ist also überhaupt nicht geeignet für alle Hinterräder (Antriebs- und/oder Bremsdrehmomente) und auch nicht für Vorderräder mit einer Bremse auf oder in der Nabe. Es ist aber sehr  
5 geeignet für Vorderräder, die an den Felgenflanken gebremst werden, und das sind heute die meisten. Eigentlich kann man konventionelle beidseitig radial gespeichte Räder auch nur bei solchen Vorderrädern verwenden, da sie auch kein Drehmoment übertragen können – wenn auch aus anderen Gründen (kein Hebelarm zwischen Speiche und Radachse).

10

### ZUSÄTZLICHE MASSNAHMEN

Wie schon gesagt wurde, ist es Aufgabe der Erfindung, die Schaffung eines exzentrisch gespeichten Rades von bisher unerreichbarer Dauerhaftigkeit. Das wird erreicht durch die ungleiche Anzahl der Speichen an den Radseiten gemäss Erfindung.  
15 Es gibt aber noch andere Massnahmen, die diesem Ziel dienen.

Eine davon ist die Verwendung einer asymmetrischen Felge mit seitlich versetzten Verankerungsstellen der Speichen in Richtung zur Zahnkranzgegenseite des Rades. Das Verhältnis der Masse  $c : d$  auf der Nabe und somit auch das wichtige Speichen-  
20 spannungsverhältnis von  $T_1 : T_2$  verkleinern sich rechnerisch dadurch erheblich, da das Mass  $c$  verkleinert wird und gleichzeitig das Mass  $d$  vergrössert wird. Somit vergrössert sich die Seitensteifigkeit des Rades in Richtung vom Zahnkranz oder von der Bremsscheibe zur anderen Radseite und auch die Dauerhaftigkeit des Rades wird besser.

Eine andere Massnahme ist das Einstecken der konventionellen am Ende gebogenen  
25 Speichen in die konventionellen Flansche nur von deren einen Seite (s. Anspruch 12). Dies kommt in Frage besonders bei radialer Bespeichung (Fig. 5, 9) aber auch bei der in der Seitenansicht des Rades gekreuzter Bespeichung, wo sich die Speichen genügend weit weg von dem Flansch kreuzen (z. B. wie die gestrichelten Speichen in

- der Fig. 4 oder 6). Man kann die Speichen z. B. in beide Flansche von aussen oder von innen einstecken oder in den einen Flansch von aussen und in den anderen von innen. Oder man steckt in einen Flansch gekreuzte Speichen wechselweise von beiden Seiten ein und nur der andere Flansch ist einseitig bespeicht. Solche Mass-
- 5 nahmen beeinflussen die Grösse der Masse  $c$  und  $d$ , welche auf der Nabe gemessen wurden, und das wichtige Verhältnis von  $c : d$  verändert sich dann, wie es im Falle des Masses  $c$  in der Fig. 5 beschrieben wurde. So kann man das Speichenspannungsverhältnis  $T1 : T2$ , das sich aus den Massen  $c$  und  $d$  auf der Nabe ergibt, in eine erwünschte Richtung korrigieren.
- 10 Eine andere Massnahme ist ein genügend grosser Abstand der Flansche auf der Nabe voneinander ( $2b = c + d$ ). Dabei müssen die Längen  $2a$  und  $d$  bestehen bleiben und nur das Mass  $c$  wird vergrössert. Es steht ausser Zweifel, dass die Seitensteifigkeit eines Rades mit dem wachsenden Abstand der Flansche zunimmt und zwar in Richtung von beiden Radseiten her. Es ist verwunderlich, dass diese Erkenntnis noch
- 15 heute auch bei namhaften Herstellern ignoriert wird oder unbekannt ist. Heutzutage wird bei konventionellen Hinterrädern dieser Abstand nach einer bekannten Regel etwa  $54 (\pm 1 \text{ Millimeter})$  gross gehalten. Bei einem zu kleinen Abstand z.B. unter 50 Millimeter sinkt die Seitensteifigkeit und die Dauerhaftigkeit des Rades sehr stark. Umgekehrt, bei einem zu grossen Abstand z.B. über 60 Millimeter steigt das
- 20 Speichenspannungsverhältnis auf Werte über  $2 : 1$  und es kommt im Betrieb bald zur Lockerung der Nippel bei Speichen mit zu kleiner Spannung und folglich zu einem Seitenschlag. Bei Spezialrädern beseitigt man dies durch Verwendung von speziellen Nippeln mit einer Einlage aus Kunststoff. Der sehr grossen Spannung der Speichen an der Zahnkranzseite des Rades begegnet man mit Verwendung von speziellen
- 25 dickeren Speichen an dieser Seite. Diese Spezialteile sind im Falle einer Reparatur selten zu erhalten. Der grosse Unterschied in der Spannung der Speichen an beiden Radseiten bleibt aber bestehen und die ganze Lösung des Problems ist aus diesen Gründen unbefriedigend.

#### PRAKTISCHE RATSCHLÄGE

Siehe Fig. 1 .

Bei einer Hinterradnabe für ein Rennfahrrad mit folgenden Massen in Millimetern:  
 $2a = 130$ ;  $c = 35$ ;  $d = 19$ ; Abstand der Nabenflansche  $c + d = 54$ , ist das Speichen-  
spannungsverhältnis  $T_1 : T_2 = c : d = 35 : 19 = 1.84 : 1$ . Bei einer  
5 konventionellen Bespeichung eines Rades mit dieser Nabe (Speichen links und rechts  
sind gekreuzt, Verankerung der Speichen in der Felge liegt in ihrer Mitte und die  
Anzahl der Speichen an beiden Radseiten ist gleich) ist also die durchschnittliche  
Spannung der Speichen 5 rechts (an der mehr belasteten Naben-Zahnkranzseite)  
1.84 - mal grösser als die Spannung der Speichen 7 links (an der weniger belasteten  
10 Nabengegenseite).

Beispiele der Speichenspannungen in Rädern mit der beschriebenen Nabe unter  
Ausnützung verschiedener Patentansprüche:

- 1) Verwendung der Speichenanzahl der Speichen 5' zu den Speichen 7' im  
Verhältnis  $3 : 2 (= 1.5 : 1)$  - siehe Fig. 7 und 8.
- 15 Das ursprüngliche Speichenspannungsverhältnis  $1.84 : 1$  reduziert sich dadurch  
1.5-mal, so dass  $T_1' : T_2' = 1.84 : 1.5 = 1.23 : 1$ .

Das Rad kann man gut gebrauchen, das neue Speichenspannungsverhältnis  $1.23 : 1$   
ist viel günstiger als das ursprüngliche  $1.84 : 1$  und liegt tief im annehmbaren  
Bereich (bis etwa  $1.4 : 1$ ). Man braucht eine konventionelle Nabe und konventio-  
20 nelle Felge, nur die Anzahl der Speichen an der linken und der rechten Radseite ist  
jetzt verschieden. Es ist aus früher beschriebenen Gründen vorteilhaft, dass an beiden  
Radseiten sich gekreuzte Speichen befinden.

- 2) Verwendung des Speichenanzahlverhältnisses  $3 : 2$  (wie im Falle 1) und  
zweitens, Verwendung einer asymmetrischen Felge mit um 3 Millimeter in Richtung  
25 zur Zahnkranzgegenseite des Rades versetzten Speichenverankerungsstellen.

Erstens, wie im Falle 1): Das ursprüngliche Speichenspannungsverhältnis  $1.84 : 1$   
reduziert sich 1.5 - mal.

Zweitens, das ursprüngliche Verhältnis  $c : d = 35 : 19 = 1.84 : 1$  verändert sich durch Versetzung der Speichenverankerung in der Felge um 3 mm auf  $(c - 3) : (d + 3) = 32 : 22 = 1.45 : 1$ . Das ursprüngliche Verhältnis  $1.84 : 1$  reduziert sich dadurch zum zweiten Mal, diesmal  $(1.84 : 1.45 =) 1.27$  -mal.

- 5 Das endgültige Speichenspannungsverhältnis  $T1' : T2' = (1.84 : 1.5) : 1.27 = 0.97 : 1$ .

Damit ist das ideale Speichenspannungsverhältnis von  $1 : 1$  praktisch erreicht. Zu dieser ausgezeichneten Lösung braucht man ein Speichenanzahlverhältnis von  $3 : 2$  und eine asymmetrische Felge. Solche Felgen sind seit Jahren auf dem Markt. Sie verbessern nicht nur das Speichenspannungsverhältnis der beiden Radseiten, sondern  
10 machen auch das Rad in Richtung von dem Zahnkranz zu der Zahnkranzgegensseite merklich steifer. Gekreuzte Speichen an beiden Radseiten sind vorteilhaft.

3) Verwendung der Speichenanzahl der Speichen  $5'$  zu den Speichen  $7'$  im Verhältnis  $2 : 1$  (s. Fig. 4, 5, 6).

Das ursprüngliche Speichenspannungsverhältnis  $1.84 : 1$  reduziert sich dadurch  
15 2 - mal, sodass  $T1' : T2' = 1.84 : 2 = 0.92 : 1$ .

Das Rad kann man gut gebrauchen, das neue Speichenspannungsverhältnis  $0.92 : 1$  ist viel günstiger als das ursprüngliche  $1.84 : 1$ . Man braucht eine konventionelle Nabe und konventionelle Felge, nur die Anzahl der Speichen an der linken und der rechten Radseite ist jetzt verschieden. Da die Spannung  $T1'$  rechts jetzt kleiner ist  
20 als die Spannung  $T2'$  links, ist diese Lösung vorteilhaft bei den Speichensystemen, wo alle Speichen links radial eingespeicht sind (Fig. 5), sodass das Drehmoment ausschliesslich durch die rechten gekreuzten Speichen übertragen wird. Bei diesen Hybrid - Rädern kann man noch weitere Korrekturen der Speichenspannungen erzielen durch einstecken der radialen Speichen in den Flansch nur von dessen einen  
25 Seite.

4) Verwendung des Speichenanzahlverhältnisses  $2 : 1$  (wie im Falle 3), zweitens, Verwendung einer asymmetrischen Felge mit um 3 Millimeter in Richtung Zahnkranzgegensseite des Rades versetzten Speichenverankerungsstellen (wie im Falle 2)



und drittens, Verwendung eines in Richtung zur Zahnkranzgegenseite der Nabe verlängerten Nabenkörpers.

Erstens, wie im Falle 3): Das ursprüngliche Speichenspannungsverhältnis  $1.84 : 1$  reduziert sich 2 - mal.

5 Zweitens, wie im Falle 2): Das ursprüngliche Verhältnis  $c : d = 35 : 19 = 1.84 : 1$  verändert sich durch Versetzung der Speichenverankerung in der Felge auf  $1.45 : 1$ . Das ursprüngliche Verhältnis  $1.84 : 1$  reduziert sich dadurch zum zweiten Mal, diesmal  $(1.84 : 1.45 =) 1.27$  - mal. Das Speichenspannungsverhältnis  $T1' : T2'$  wäre bis jetzt  $(1.84 : 2) : 1.27 = 0.724 : 1$ .

10 Jetzt wäre die Spannung  $T1'$  zu klein,  $T2'$  zu gross. Darum verwendet man nun, zusätzlich, eine neue Nabe, die speziell hergestellt werden muss. Das ursprüngliche Mass  $d = 19$  bleibt bestehen, aber das Mass  $c = 35$  auf dem Nabenkörper wird vergrössert  $(1 : 0.724)$  - mal, sodass  $c \text{ (neu)} = 35 \times (1 : 0.724) = 48.34$ . Die neue Nabe hat folgende Masse:  $2a = 130$ ;  $c = 48.34 \text{ (neu)}$ ;  $d = 19$ ; Abstand der Flansche  
15  $= c + d = 67.34 \text{ (neu)}$ ;  $c : d = 2.54 : 1 \text{ (neu)}$ .

Das endgültige Speichenspannungsverhältnis  $T1' : T2' = (0.724 : 1) \times (1 : 0.724) = 1 : 1$ .

Es sind nun rechnerisch die idealen Masse der Nabe und dadurch das ideale Speichenspannungsverhältnis von  $T1' : T2' = 1 : 1$  erreicht. Zu dieser Lösung braucht  
20 man ein Speichenanzahlverhältnis von  $2 : 1$  (wie im Fall 3), eine asymmetrische Felge (wie im Fall 2) und neu, eine neue Gestaltung der Nabe an ihrer linken Seite. Dafür bekommt man ein Hinterrad, mit welchem sich alle bisher bekannten und viel teureren Hinterräder nicht vergleichen können. Die asymmetrische Felge verbessert die Steifigkeit des Rades von rechts. Die Nabe mit grosser Distanz der Flansche gibt  
25 dem Rad zusätzlich grössere Steifigkeit von rechts und links. Das Speichenspannungsverhältnis von  $1 : 1$  verhindert Speichenbrüche und Seitenschläge, die durch unregelmässige Setzerscheinungen in den Verankerungsstellen der Speichen entstehen. Sehr wichtig ist, dass man das Rad sehr einfach reparieren kann, da es

konventionelle Speichen und Nippel besitzt, die billig und überall käuflich sind. Auch bei diesem Rad sind gekreuzte Speichen an beiden Radseiten empfehlenswert (Fig. 4, 6).

Die 4 beschriebenen Beispiele zeigen (alle bei Verwendung einer Nabe mit den Massen  $c : d = 35 : 19 = 1.84 : 1$ ), dass man das angestrebte Speichenspannungsverhältnis an den Radseiten von  $1 : 1$  nur im Beispiel 4) genau erreicht hat. Dort muss man aber zwei zusätzliche Massnahmen anwenden: Die asymmetrische Felge und eine vollkommen neue genau konstruierte Nabe. Dazu wird sich ein Radhersteller aber aus Kostengründen nur selten entscheiden. Im Beispiel 2) erreicht man ein Verhältnis von  $0.97 : 1$  mit Hilfe der asymmetrischen Felge. Auch diese ist derzeit noch nicht immer zu bekommen oder aus verschiedenen Gründen nicht erwünscht. Ohne jegliche zusätzliche Massnahmen erreicht man mit der erwähnten Nabe im Beispiel 3) ein Verhältnis von  $0.92 : 1$  und im Beispiel 1)  $1 : 1.23$ . Das Verhältnis von  $1 : 1.23$  bedeutet aber schon 23 % Abweichung von dem angestrebten Speichenspannungsverhältnis von  $1 : 1$ . Wenn man ohne zusätzliche Massnahmen auskommen will, was meistens der Fall sein wird, dann kann diese Abweichung auch 45 % und mehr erreichen. Auf dem Markt befinden sich sogar Naben mit den Massen  $c$  und  $d$  in einem Verhältnis von etwa  $2.5 : 1$  (!).

Dass man das Speichenspannungsverhältnis von  $1 : 1$  meistens nur mit gewissen Abweichungen erreichen kann ist dadurch verursacht, dass es unzählige Verhältnisse der Masse  $c$  und  $d$  auf den käuflichen Naben gibt, welche das Speichenspannungsverhältnis an den Seiten eines konventionellen Rades bestimmen, aber nur wenige Speichenanzahlverhältnisse existieren, welche gegen die ungünstigen konventionellen Spannungsverhältnisse wirken und welche technisch machbar und praktisch verwendbar sind (siehe die Erklärung zu Fig. 9). Man kann nur selten ein Verhältnis der Speichenanzahl an den Radseiten verwenden, welches am nächsten dem Verhältnis  $c : d$  auf der Nabe entspricht. Darum muss man aus verschiedenen Gründen auf weiter entfernte Verhältnisse der Speichenanzahl ausweichen. Bei einigen von uns vorgeschlagenen Verhältnissen sind die möglichen Gesamtzahlen der Speichen im Rad nicht ausreichend und darum sind diese Verhältnisse nicht

immer anwendbar. Das Definieren der Lage der Speichenlöcher in der Felge und in der Nabe ist kompliziert. Die Distanzen der Verankerungspunkte der Speichen in der Felge sind unterschiedlich, darum ist die Optik des Rades nicht befriedigend. Es gibt mehrere unterschiedliche Längen der Speichen im Rand, das Einspeichen des Rades ist dadurch erschwert, usw.

Abweichungen von Null bis plus/minus 50% von dem angestrebten Verhältnis der Speichenspannungen von 1 : 1 (in der Praxis werden diese Abweichungen durchschnittlich weniger als etwa 20% ausmachen) bedeuten aber einen grossen Fortschritt gegenüber dem Stand der Technik. Solche Räder sind nach verschiedenen Testen mit Abstand dauerhafter als die konventionellen Räder. Die Abweichungen der Verhältnisse der Speichenspannungen an den Radseiten von dem Verhältnis von 1 : 1 betragen bei heutigen konventionellen Rädern nämlich etwa 50%, 100% (siehe Angaben zu den Naben in Erklärungen zu Fig. 7 und 4) oder sogar 150 % (!), je nach den verwendeten existierenden Naben.

15

#### EMPFEHLUNGEN, BISHERIGE ERFAHRUNGEN

Das Einspeichen der neuen Räder ist so einfach wie bei den konventionellen Rädern. Das Zentrieren von Hand geht sogar besser, da man die Nippel an beiden Radseiten ohne grossen Widerstand drehen kann. Für das Zentrieren mit einem Automaten müsste man die Maschine umprogrammieren. Wichtig ist die grössere durchschnittliche Speichenspannung (von etwa 1'000 N und mehr), die mit einem geeichten Speichen-Spannungsmessgerät wenigstens in gewissen Zeitabständen gemessen werden soll, und das mehrfache Recken und Strecken des Rades bei seinem Zentrieren. Ein gutes Laufrad muss eine gute, nicht zu leichte Felge besitzen, z.B. bei einem Rennfahrrad eine tropfenförmige Felge, etwa 19 mm breit und 20 mm hoch und nicht unter ca. 430 g schwer (asymmetrische Felgen mit seitlich versetzten Speichen und symmetrische Felgen mit diesen Werten sind auf dem Markt), konventionelle Qualitätsspeichen und gute konventionelle gefräste Messingnippel. Sehr empfehlenswert sind weiter regelmässige Abstände der Verankerungsstellen der

Speichen in der Felge, Speichen beidseitig gekreuzt und insgesamt nicht viel weniger als 24 Stücke. Gute Arbeit beim Einspeichen und Zentrieren setzt sich durch.

Zur Vereinfachung der Bespeichung eines Rades und aus Kostengründen empfehlen wir folgendes: Die Bohrungen für die Speichennippel in der Felge (in deren Mitte  
5 oder seitlich versetzt) sollen so einfach als möglich ausgeführt werden. Alle Löcher sollen in einer Linie liegen (keine Zickzacklinien) und in radialer Richtung (senkrecht zur Radachse) gebohrt werden. Richtungsorientierungen der Bohrungen nach vorne, nach hinten, nach links oder nach rechts sind teuer, unnötig, und bei der Bespeichung verwirrend. Genügender Durchmesser der Bohrungen muss gewährlei-  
10 stet werden, damit sich die Nippel im Loch nach Bedarf selbst neigen können. Der Bohrungsdurchmesser ist der Durchmesser des zylindrischen Teiles des verwendeten Nippels mit einer Zugabe von etwa 0.4 bis 0.5 Millimetern je nach Dicke des gebohrten Materials und nicht etwa nur 0.2 Millimetern, wie es bei den richtungsorientierten Bohrungen üblich ist.

15 Prototypen für Versuchszwecke sind einfach zu anfertigen, weil man konventionelle Naben, Speichen, Nippeln und Felgen verwenden kann. Nur die Anzahl und die Lage der Löcher für die Speichen in der Nabe und in der Felge sind jetzt anders. Man muss sich konventionelle Felgen und Naben ohne Löcher besorgen und die Löcher dann auf richtigen Stellen selber bohren. Dabei ist die Lage der Löcher in der Felge (bis  
20 auf Fig. 6) einfach zu bestimmen (regelmässige Abstände voneinander auf dem Umfang der Felge bei bekannter Anzahl der Löcher) und die Bohrungen sollen gemäss der vorherigen Anleitung ausgeführt werden. Die genaue Lage der Löcher und die Zusammenhänge dieser Lagen in den beiden Nabenflanschen zueinander muss man selber bestimmen, was für einen erfahrenen Techniker kein Problem sein  
25 sollte. Hier können auch die Details in den Figuren helfen.

Für eine durchschnittliche Speichenspannung gibt es keinen optimalen Wert für alle Räder. Die angestrebte grösstmögliche Spannung, bei welcher die grösste Seitensteifigkeit des Rades erreicht wird, wird von der Felge und der Anzahl und Anordnung der Speichen bestimmt. Wenn man diese Spannung beim Zentrieren übersteigt, dann

nimmt die Stabilität des Rades wieder schnell ab. Diese Gefahr besteht hauptsächlich bei schwachen Felgen und grosser Anzahl der Speichen (z. B. 30 und mehr). Jeder erfahrene Radbauer kennt die entsprechenden Methoden zur Ermittlung des optimalen Wertes. Hat sich einmal eine optimale Spannung ergeben, kann diese mit dem  
5 Messgerät gemessen und archiviert werden.

Erfahrungen mit den Rädern im Betrieb gibt es noch nicht viele. Ein paar Räder sind im Dauereinsatz und bis jetzt zeigen sie gar keine Ermüdungserscheinungen. Eines kann man aber schon jetzt voraussehen. Gemäss Dauertesten mit Rädern mit den asymmetrischen Felgen hat sich ihre Dauerhaftigkeit im Vergleich mit konventionellen Rädern wesentlich erhöht. Der Hauptgrund dafür war das verbesserte  
10 Speichenspannungsverhältnis um etwa 30%. Hier geht es aber um Verbesserungen dieses Verhältnisses bis zu 100% (!) und dadurch ist eine weitere Erhöhung der Dauerhaftigkeit zu erwarten. Vibrationen des Fahrrades bei schneller Fahrt – wie einige Theoretiker befürchten könnten – sind weitgehend unbekannt.

15 Mit dem bisherig Beschriebenen kann auch die Speichenspannung bei exzentrisch gespeichten Fahrrad-Rädern vereinheitlicht werden. Das erfindungsgemässe Verfahren ist Folgendes: Indem die Nabe an den einzelnen Seiten der Felgenmittelebene (M) mit einer entsprechend nicht gleichen Anzahl von verankerten Speichen versehen wird, kann die durchschnittliche Spannung der Speichen, soweit wie  
20 erwünscht, ausgeglichen werden. Wie bereits beschrieben, sind die gesamten Spannungen der Speichen, welche von der Nabe an der einen bzw. an der gegenüberliegenden Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen, unterschiedlich gross. Durch die unterschiedliche Anzahl verankerter Speichen kann dies ausgeglichen werden.

## 25 DIE ZUKUNFT

Die beschriebenen Möglichkeiten zur Ausnützung der hier diskutierten Lehre sind auf keinen Fall erschöpfend behandelt worden. Im Laufe der Zeit werden sicher bisher unbekannte Speichensysteme entstehen, welche die Dauerhaftigkeit der Räder erhöhen werden. Alle diesen neuen Varianten werden aber durch den Patentanspruch

1 abgedeckt, wobei die Anzahl der Speichen an den Seiten eines exzentrisch  
gespeichten Fahrrad-Rades verschieden ist. Ein selbständiger Patentanspruch 17 für  
ein zentrisch gespeichtes Rad mit gleicher Anzahl und Spannung der Speichen an  
den Radseiten wird die Dauerhaftigkeit des Rades auf eine andere Art und Weise  
5 erhöhen.

Der Erfinder glaubt, dass diese Lehre die Bespeichung der Laufräder revolutionie-  
ren wird. Jeder namhafte Fahrrad - oder Laufradhersteller wird sich damit früher oder  
später auseinandersetzen müssen. Es gelingt selten, dass ein jahrzehntelang bekann-  
tes und immer grösser werdendes Problem, um dessen Lösung sich die weltgrössten  
10 Firmen mit verschiedensten Mitteln und grösstem Aufwand bemühen, auf solche Art  
und Weise beseitigt wird. Die Speichensysteme mit den Speichenanzahlverhältnissen  
von 3 : 1, 5 : 2, 2 : 1, 7 : 4, 5 : 3, 3 : 2 und 4 : 3 unterstützt noch durch  
„ZUSÄTZLICHE MASSNAHMEN“ erlauben es, die Speichenspannungen an  
beiden Radseiten bei Verwendung jeder beliebigen Nabe weitgehend zu optimieren  
15 und die ausgeglichene Struktur des Rades sorgt nachher für seine Dauerhaftigkeit.  
Unsere Lösung des Problems - der höchst unerwünschten ungleichen Speichenspan-  
nungen an den Seiten eines Fahrrad-Rades - ist sehr überraschend. Es ist aber mit  
Abstand die einfachste, die billigste und die vollkommenste Lösung.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Gespeichtetes Fahrradrad bestehend aus einer Nabe, die durch Speichen mit einer ringförmigen Felge unter Spannung verbunden ist, mit einer ungleichen Anzahl  
5 Speichen an den beiden Radseiten, bei welchem die Mittelebene der Verankerungsstellen der Speichen in der Felge von der Mittelebene der Nabenflansche oder von der Mittelebene der anders ausgebildeten Verankerungsstellen der Speichen an den Seiten der Nabe (F) seitlich versetzt ist, **dadurch gekennzeichnet**,  
dass die Anzahl der Speichen, welche von der Nabe an derjenigen Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen, wo eine höhere Summe der  
10 Spannungen dieser Speichen vorhanden ist, und die Anzahl der Speichen, welche von der Nabe an der gegenüberliegenden Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen, wo eine niedrigere Summe der Spannungen der Speichen vorhanden ist, im Verhältnis 3 : 1 oder 5 : 2 oder 2 : 1 oder 7 : 4 oder 5 : 3 oder 3 : 2  
15 oder 4 : 3 steht.
2. Gespeichtetes Fahrradrad nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,  
dass das Verhältnis der Anzahl der Speichen von 3 : 1 oder 5 : 2 oder 2 : 1 oder 7 : 4 oder 5 : 3 oder 3 : 2 oder 4 : 3 von dem Verhältnis der Masse c : d, welche auf der  
verwendeten Nabe gemessen werden und eventuell mit den in den Patentansprüchen  
20 11, 12 oder 13 beschriebenen Massnahmen bei der Berechnung von c : d korrigiert werden, um Null bis um plus oder minus 50 Prozent abweicht, wobei:  
c ist das Mass zwischen der radialen Mittelebene der Achsen der in der Nabe verankerten Speichen, welche von der Nabe an derjenigen Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen, wo eine niedrigere gesamte Spannung dieser  
25 Speichen vorhanden ist, an den Stellen, wo die Speichen die Nabe verlassen und die Richtung zur Felge eben erreicht haben, und der radialen Mittelebene der Achsen aller in der Felge verankerten Speichen an den Stellen, wo die Speichen die Felge

verlassen und die Richtung zur Nabe eben erreicht haben, und

d ist das analoge Mass zu c an der gegenüberliegenden Seite der Felgenmittelebene (M) wo eine grössere gesamte Spannung der in der Nabe verankerten Speichen vorhanden ist,

5 wodurch das Verhältnis der durchschnittlichen Spannung der Speichen, welche von der Nabe an der einen Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen und der durchschnittlichen Spannung der Speichen, welche von der Nabe an der anderen Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen, von dem Verhältnis 1 : 1 um Null bis um plus oder minus 50 Prozent abweicht.

10 3. Gespeichtes Fahrradrad nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**,

dass die Anzahl der Speichen, welche von der Nabe an der einen Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen und die Anzahl der Speichen, welche von der Nabe an der anderen Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen, in einem Verhältnis von c : d steht,

15 wodurch die durchschnittliche Spannung der Speichen, welche von der Nabe an der einen Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen und die durchschnittliche Spannung der Speichen, welche von der Nabe an der anderen Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen, in einem Verhältnis von 1 : 1 steht.

20 4. Gespeichtes Fahrradrad nach Anspruch 1 oder 2 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Speichen, welche von der Nabe an der einen Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen und die Anzahl der Speichen, welche von der Nabe an der anderen Seite der Felgenmittelebene (M) zur Felge führen, im Verhältnis 3 : 1 steht.

25 5. Gespeichtes Fahrradrad nach Anspruch 1 oder 2 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Speichen, welche von der Nabe an der einen Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen und die Anzahl der Speichen, welche



von der Nabe an der anderen Seite der Felgenmittelebene (M) zur Felge führen, im Verhältnis 5 : 2 steht.

6. Gespeichtes Fahrradrad nach Anspruch 1 oder 2 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Speichen, welche von der Nabe an der einen Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen und die Anzahl der Speichen, welche von der Nabe an der anderen Seite der Felgenmittelebene (M) zur Felge führen, im Verhältnis 2 : 1 steht.
7. Gespeichtes Fahrradrad nach Anspruch 1 oder 2 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Speichen, welche von der Nabe an der einen Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen und die Anzahl der Speichen, welche von der Nabe an der anderen Seite der Felgenmittelebene (M) zur Felge führen, im Verhältnis 7 : 4 steht.
8. Gespeichtes Fahrradrad nach Anspruch 1 oder 2 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Speichen, welche von der Nabe an der einen Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen und die Anzahl der Speichen, welche von der Nabe an der anderen Seite der Felgenmittelebene (M) zur Felge führen, im Verhältnis 5 : 3 steht.
9. Gespeichtes Fahrradrad nach Anspruch 1 oder 2 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Speichen, welche von der Nabe an der einen Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen und die Anzahl der Speichen, welche von der Nabe an der anderen Seite der Felgenmittelebene (M) zur Felge führen, im Verhältnis 3 : 2 steht.
10. Gespeichtes Fahrradrad nach Anspruch 1 oder 2 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Speichen, welche von der Nabe an der einen Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen und die Anzahl der Speichen, welche von der Nabe an der anderen Seite der Felgenmittelebene (M) zur Felge führen, im Verhältnis 4 : 3 steht.
11. Gespeichtes Fahrradrad nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 10,

- dadurch gekennzeichnet**, dass es eine Felge aufweist, bei welcher die Mittelebene der Verankerungsstellen der Speichen in der Felge von der Felgenmittelebene (M) seitlich versetzt ist.
12. Gespeichtetes Fahrradrad nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 11,  
5 welches konventionelle Nabenflansche mit parallel zur Radachse verlaufenden Speichenlöchern und konventionellen am Ende gebogenen Speichen mit einem Speichenkopf aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass alle in einem Flansch verankerten Speichen in der Richtung von nur einer Flanschseite in den Flansch eingesteckt sind, wobei auch verschiedene Kombinationen dieser Richtungen auf  
10 einem Rad entstehen können.
13. Exzentrisch gespeichtetes Fahrrad-Hinterrad nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass es eine Hinterradnabe aufweist, bei welcher die Distanz der Mittelebenen der Nabenflansche oder der Mittelebenen der anders ausgebildeten Verankerungsstellen der Speichen an den Seiten der Nabe  
15 (c + d), 58 oder mehr Millimeter beträgt.
14. Gespeichtetes Fahrradrad nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass es auf der Nabe und/oder auf der Felge einen Aufkleber mit einem geeigneten Text aufweist, der auf die ungewohnte und für das Einspeichen und das Zentrieren des Rades wichtige Anordnung und Anzahl der  
20 Speichen an den Radseiten aufmerksam macht.
15. Ein Fahrrad mit wenigstens einem gespeichten Rad nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 14.
16. Verfahren zur Vereinheitlichung der Speichenspannung bei exzentrisch gespeichten Fahrrad-Rädern, indem die durchschnittliche Spannung der Speichen, welche von der  
25 Nabe an derjenigen Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen, wo eine grössere gesamte Spannung der verankerten Speichen vorhanden ist, mit der durchschnittlichen Spannung der Speichen, welche von der Nabe an der gegenüberliegenden Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen, wo eine

niedrigere gesamte Spannung der verankerten Speichen vorhanden ist, soweit als erwünscht ausgeglichen wird, **indem** die Nabe an den einzelnen Seiten der Felgenmittelebene (M) mit entsprechender nicht gleicher Anzahl der verankerten Speichen versehen wird.

- 5 17. Zentrisch gespeichtes Fahrrad-Vorderrad bestehend aus einer Nabe, die durch Speichen mit einer ringförmigen Felge unter Spannung verbunden ist, mit gleicher Anzahl und Spannung der Speichen an den beiden Radseiten, **dadurch gekennzeichnet**, dass alle Speichen, welche von der Nabe an der einen Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen, den Lochkreis des Flansches in  
10 der zum Lochkreis mehr oder weniger tangentialen Richtung verlassen und alle Speichen, welche von der Nabe an der anderen Seite der Felgenmittelebene (M) in Richtung zur Felge führen, auch den Lochkreis des Flansches in der zum Lochkreis mehr oder weniger tangentialen Richtung verlassen, jedoch in der entgegengesetzten Umfangsrichtung des Rades.

## ZUSAMMENFASSUNG

5

Ein nach den Ausführungsformen der Erfindung exzentrisch gespeichtes Fahrrad-Vorderrad oder Fahrrad-Hinterrad hat an seinen Seiten ungleiche Anzahl der Speichen, aber eine nahezu gleiche oder genau gleiche durchschnittliche Spannung der Speichen. Aus mehreren Gründen ist dieses Rad im Betrieb wesentlich dauerhafter als ein vergleichbares konventionelles exzentrisch gespeichtes Fahrrad-Vorderrad oder Fahrrad-Hinterrad, welches an seinen Seiten gleiche Anzahl der Speichen, aber wesentlich ungleiche durchschnittliche Spannungen der Speichen hat.

15

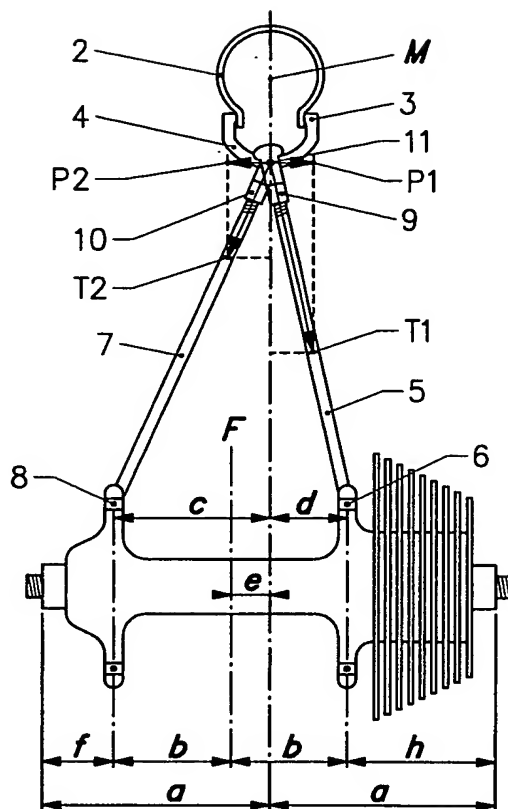
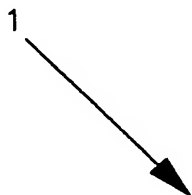
Ein nach einer anderen Ausführungsform der Erfindung zentrisch gespeichtes Fahrrad-Vorderrad mit gleicher Anzahl und Spannung der Speichen an seinen Seiten ist im Betrieb dauerhafter als ein vergleichbares konventionelles zentrisch gespeichtes Fahrrad-Vorderrad, jedoch aus anderen Gründen als ein exzentrisch gespeichtes Rad.

20

( Fig. 4, 10 )

**FIG. 1**

STAND DER TECHNIK



$$c : d \cong T1 : T2$$

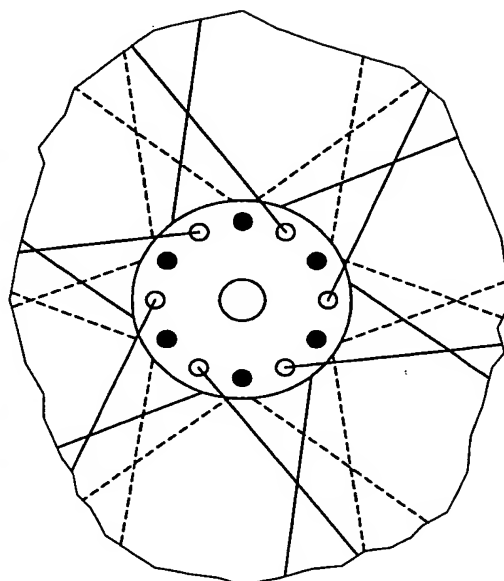
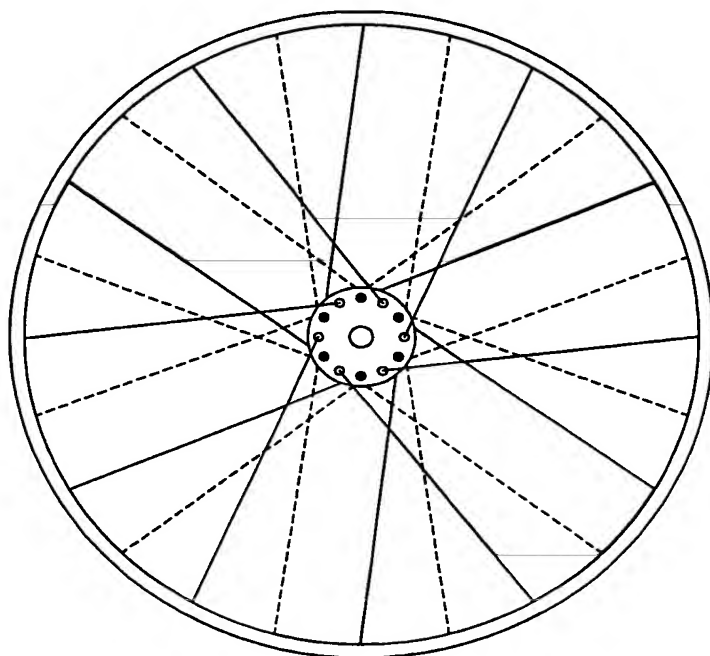
**FIG. 2**

STAND DER TECHNIK

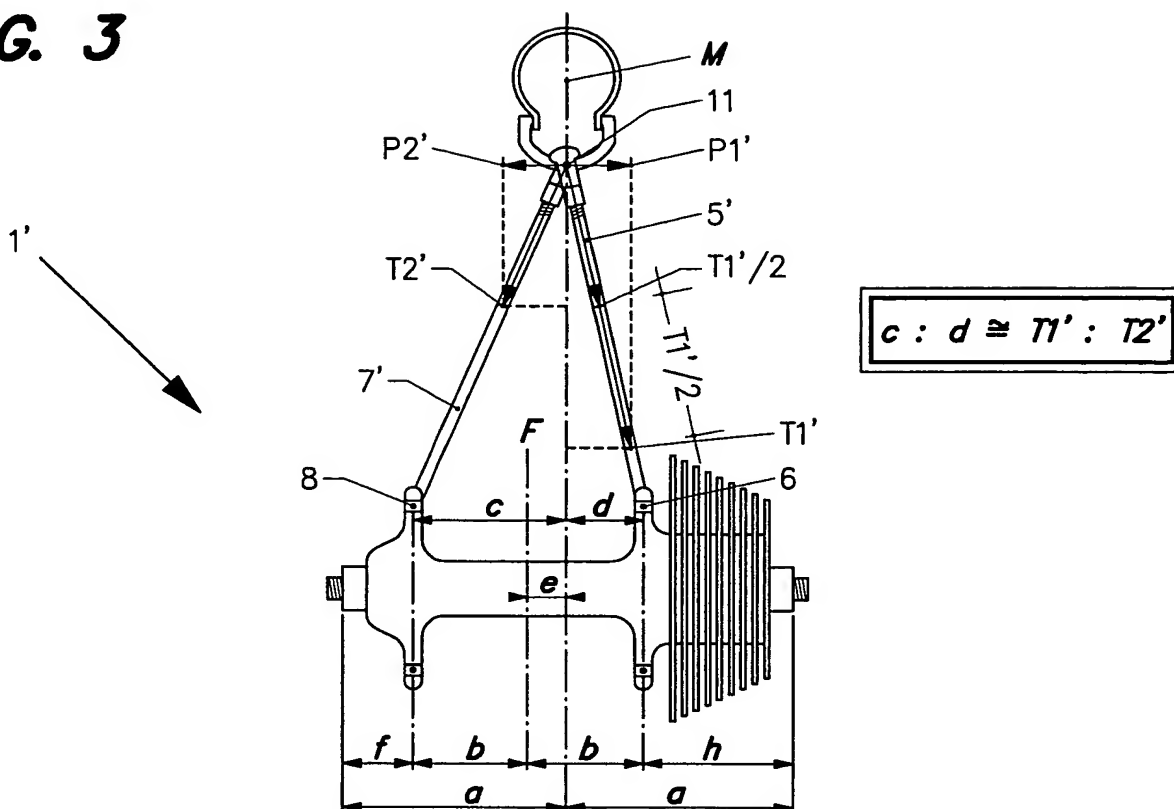
SPEICHEN: **1 : 1**

total 24: ----- 12; ———— 12

**DETAIL**



**FIG. 3**



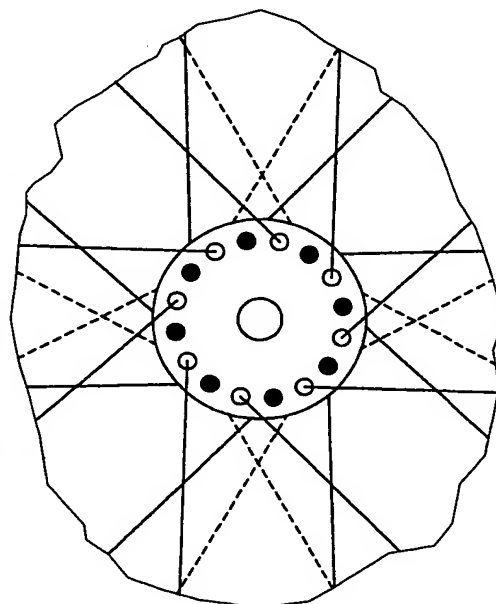
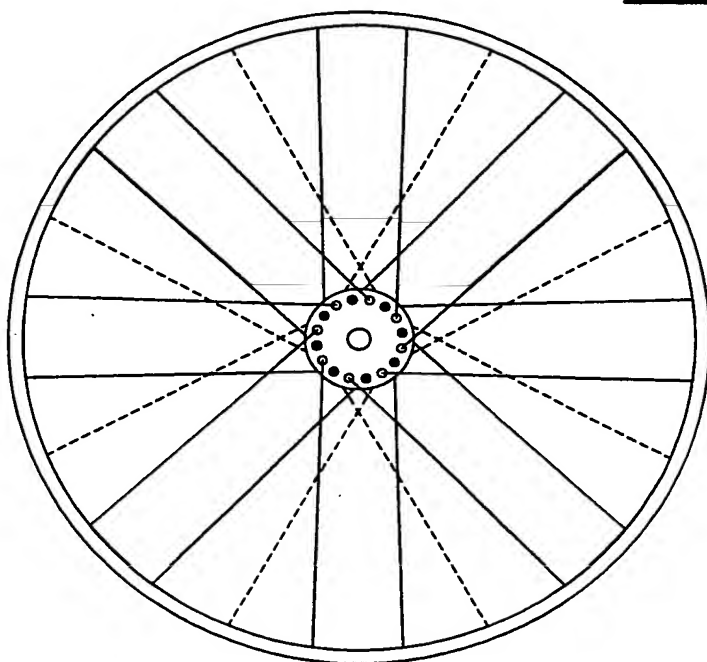
**FIG. 4**

SPEICHEN: **2 : 1**

total 24: ----- 8; ----- 16

ANALOGUE VARIANTEN:

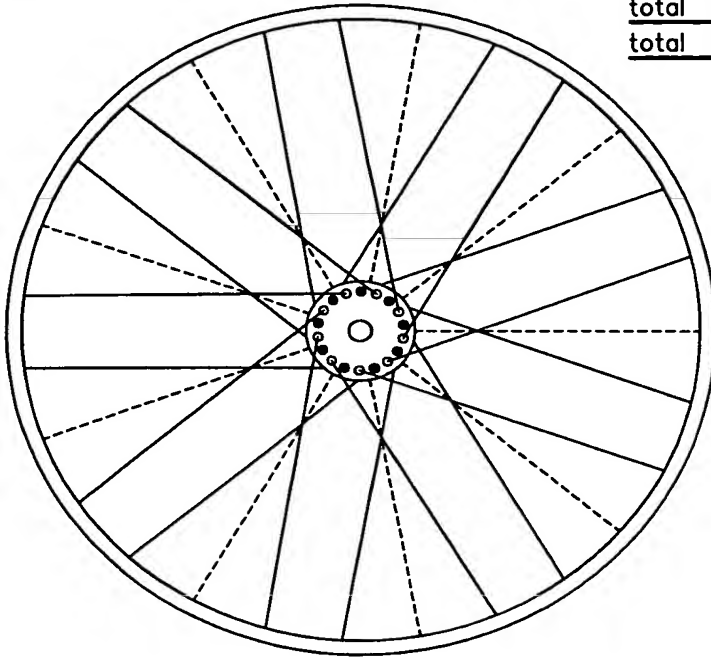
<u>total 24:</u>	----- 8;	----- 16
<u>total 30:</u>	----- 10;	----- 20
<u>total 36:</u>	----- 12;	----- 24
<u>total 42:</u>	----- 14;	----- 28



**FIG. 5**

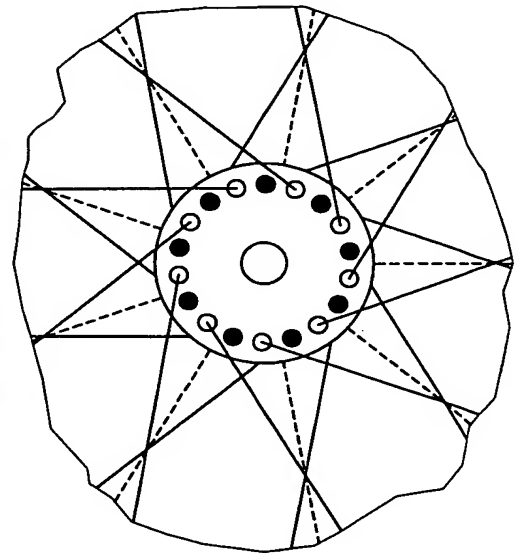
SPEICHEN: **2:1**

total 27: ----- 9; ----- 18



ANALOGUE VARIANTEN:

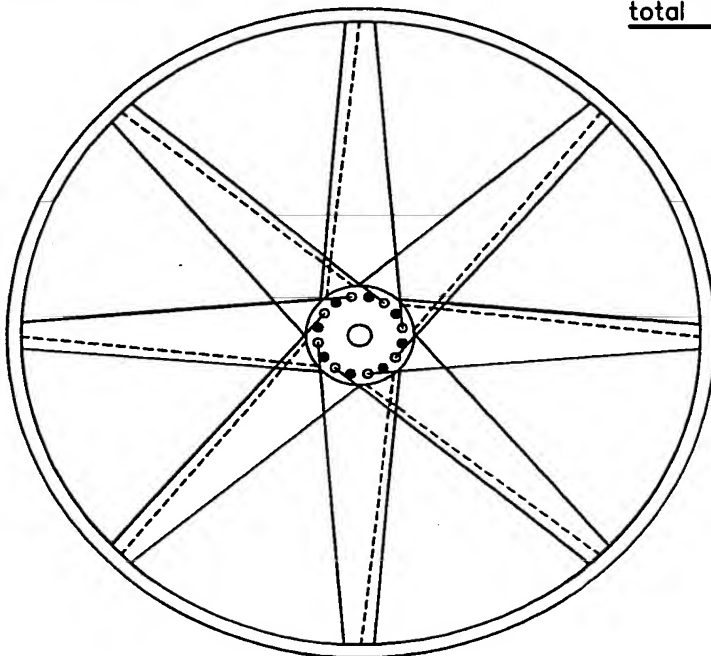
<u>total 21:</u>	----- 7;	----- 14
<u>total 27:</u>	----- 9;	----- 18
<u>total 33:</u>	----- 11;	----- 22
<u>total 39:</u>	----- 13;	----- 26
<u>total 45:</u>	----- 15;	----- 30



**FIG. 6**

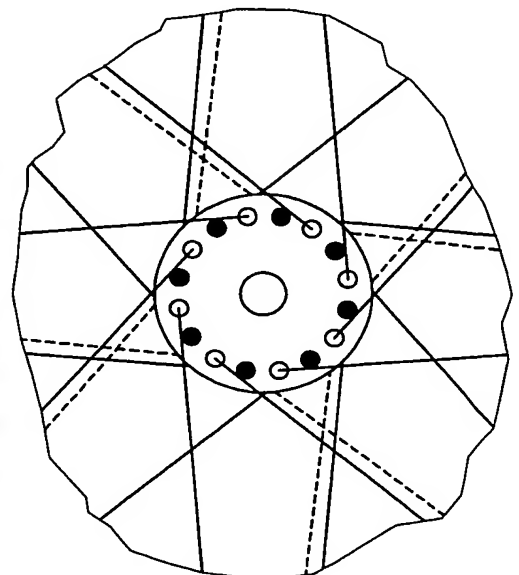
SPEICHEN: **2:1**

total 24: ----- 8; ----- 16



ANALOGUE VARIANTEN:

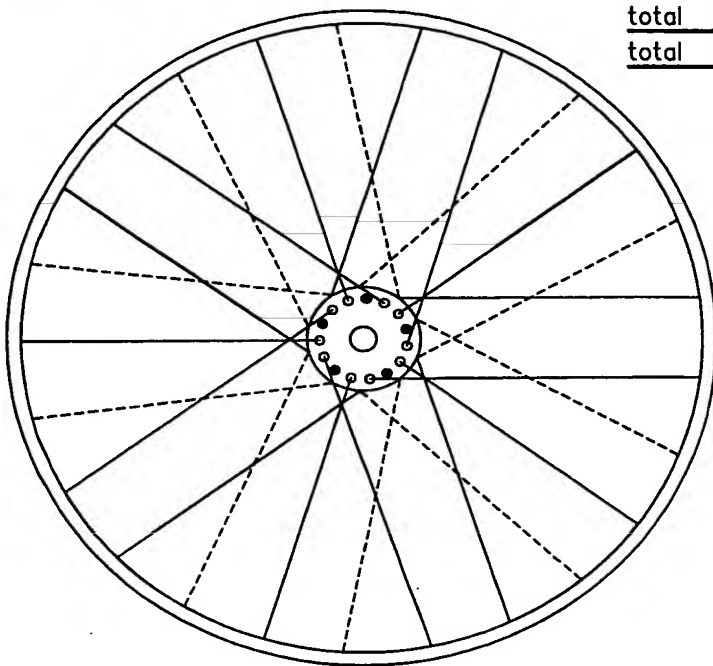
<u>total 24:</u>	----- 8;	----- 16
<u>total 30:</u>	----- 10;	----- 20
<u>total 36:</u>	----- 12;	----- 24
<u>total 42:</u>	----- 14;	----- 28



**FIG. 7**

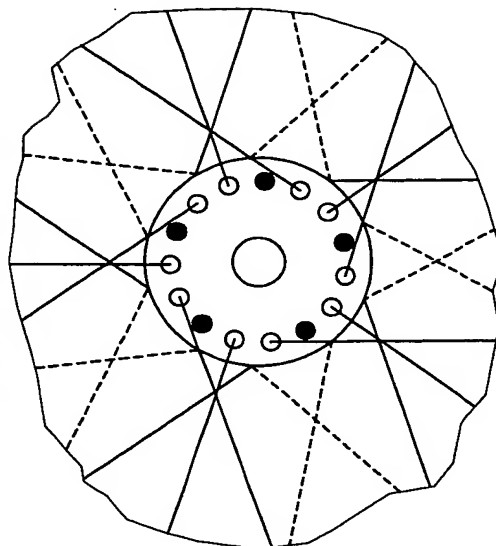
SPEICHEN: **3 : 2**

total 25: ----- 10; ----- 15



ANALOGUE VARIANTEN:

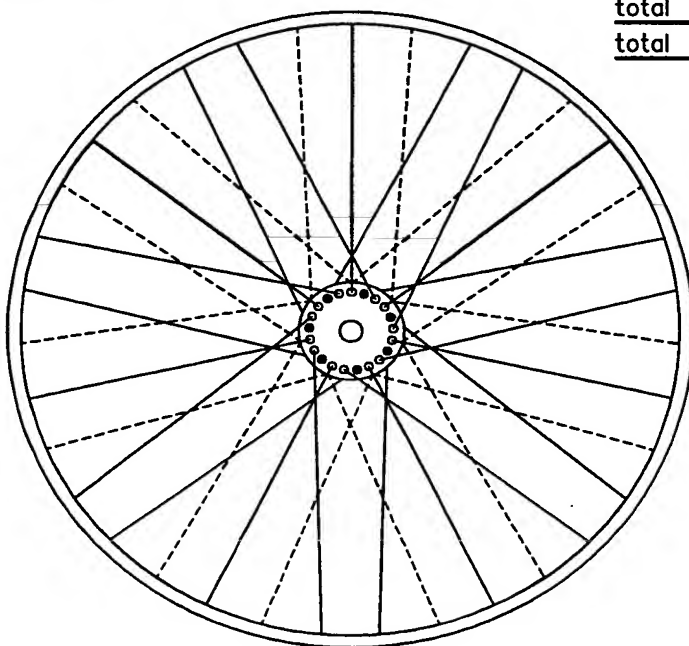
<u>total 20:</u>	----- 8;	----- 12
<u>total 25:</u>	----- 10;	----- 15
<u>total 30:</u>	----- 12;	----- 18
<u>total 35:</u>	----- 14;	----- 21
<u>total 40:</u>	----- 16;	----- 24



**FIG. 8**

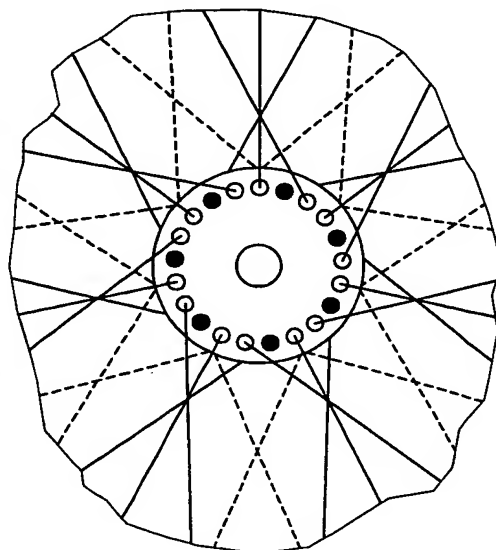
SPEICHEN: **3 : 2**

total 35: ----- 14; ----- 21



ANALOGUE VARIANTEN:

<u>total 20:</u>	----- 8;	----- 12
<u>total 25:</u>	----- 10;	----- 15
<u>total 30:</u>	----- 12;	----- 18
<u>total 35:</u>	----- 14;	----- 21
<u>total 40:</u>	----- 16;	----- 24





**FIG. 9**

SPEICHEN: **4 : 3**

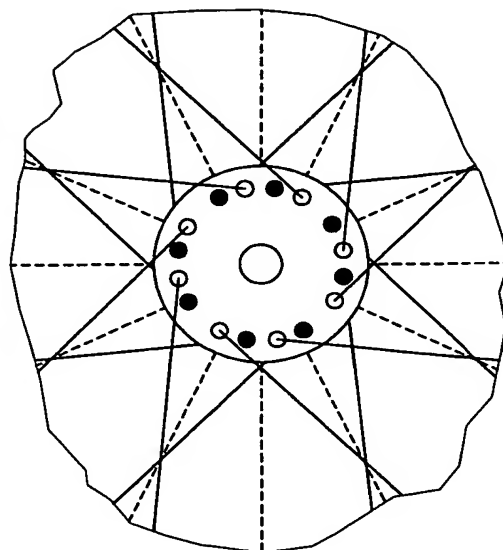
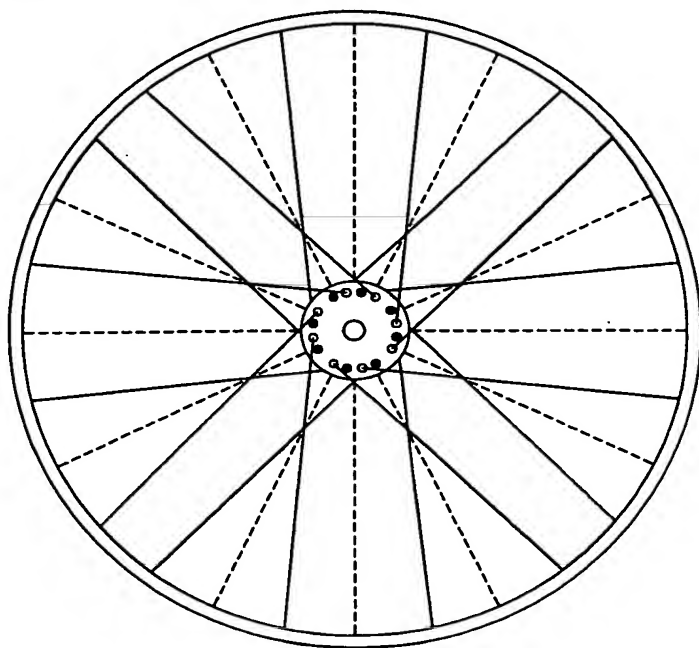
total 28: ----- 12; ----- 16

ANALOGUE VARIANTEN:

total 21: ----- 9; ----- 12

total 28: ----- 12; ----- 16

total 35: ----- 15; ----- 20

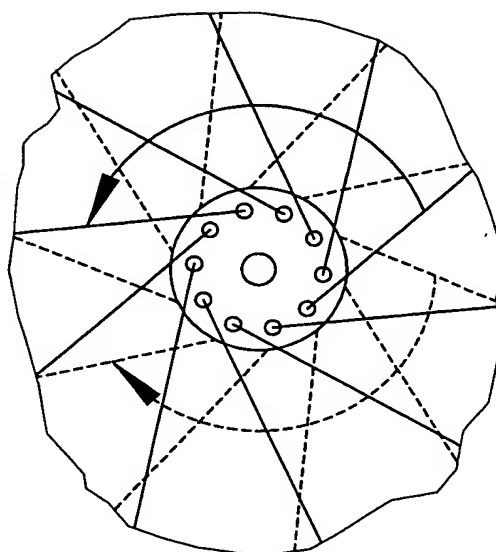
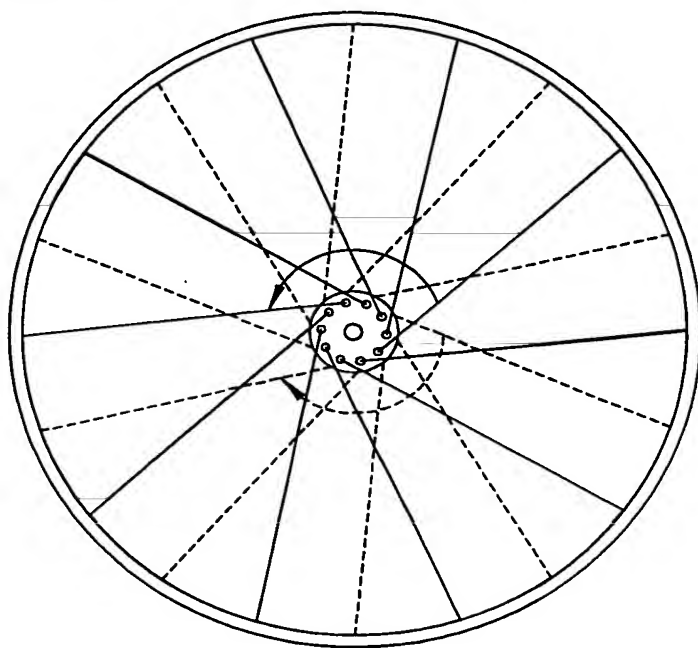


**FIG. 10**

SPEICHEN: **1 : 1**

total 20: ----- 10; ----- 10

**DETAIL**



This Page Blank (uspto)